

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L25/065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L25/04-25/075Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-2001 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 3-276750 A (NEC Corporation), 06 December, 1991 (06.12.91), page 2, lower left column, line 2 to page 3, upper right column, line 17 (Family: none)	1, 10, 21 2-9, 11-20, 22-24
X Y	US 5611481 A (Fujitsu Limited), 18 March, 1997 (18.03.97), column 3, line 33 to column 6, line 62 & JP 8-31835 A	21 1-20, 22-24
X Y	EP 0766310 A2 (International Business Machines Corporation), 02 April, 1997 (02.04.97), column 1, lines 7 to 29; column 4, line 18 to column 7, line 10 & JP 9-97791 A	21 1-20, 22-24
Y	JP 10-321671 A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 04 December, 1998 (04.12.98), Full text; Fig. 15 (Family: none)	7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
28 August, 2001 (28.08.01)Date of mailing of the international search report  
11 September, 2001 (11.09.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 00-00444W01	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220) 及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP01/06143	国際出願日 (日.月.年) 16.07.01	優先日 (日.月.年) 17.07.00
出願人(氏名又は名称) ローム株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、  
第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L25/065

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L25/04-25/075

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-2001年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u> Y	J P 3-276750 A (日本電気株式会社) 6. 12月. 1991 (06. 12. 91) 第2頁左下欄第2行-第3頁右上欄第17行 (ファミリーなし)	<u>1, 10, 21</u> 2-9, 11-20, 22-24
<u>X</u> Y	US 5611481 A (Fujitsu Limited) 18. 3月. 1997 (18. 03. 97) 第3欄第33行-第6欄第62行 & J P 8-31835 A	<u>21</u> 1-20, 22-24

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの。

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28. 08. 01

国際調査報告の発送日

11.09.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

北島 健次

4 E

8 2 2 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u> Y	EP 0 7 6 6 3 1 0 A 2 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 2. 4月. 1997 (02. 04. 97) 第1欄第7行-第29行, 第4欄第18行-第7欄第10行 & JP 9-97791 A	<u>21</u> 1-20, 22-24
Y	JP 10-321671 A (松下電器産業株式会社) 4. 12月. 1998 (04. 12. 98) 全文, 図15 (ファミリーなし)	7

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 1 月 24 日 (24.01.2002)

PCT

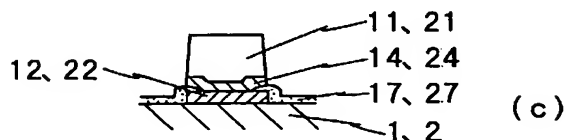
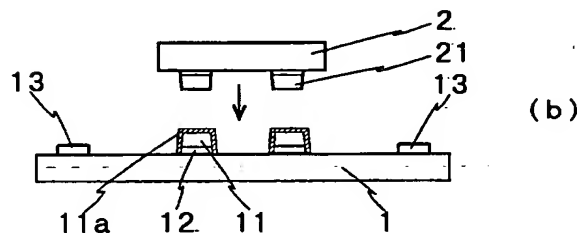
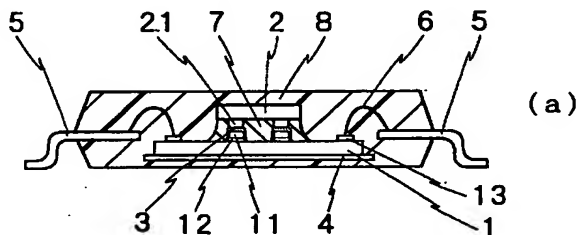
(10) 国際公開番号  
WO 02/07219 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 25/065 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ローム株式会社 (ROHM CO., LTD.) [JP/JP]; 〒615-8585 京都府京都市右京区西院溝崎町21番地 Kyoto (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/06143 (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 柴田和孝 (SHI-BATA, Kazutaka) [JP/JP]; 〒615-8585 京都府京都市右京区西院溝崎町21番地 ローム株式会社内 Kyoto (JP).
- (22) 国際出願日: 2001 年 7 月 16 日 (16.07.2001) (74) 代理人: 河村 洸 (KAWAMURA, Kiyoshi); 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島4丁目5番1号 新栄ビル6E 河村特許事務所 Osaka (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): KR, US.
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB).
- (30) 優先権データ:  
特願2000-216298 2000 年 7 月 17 日 (17.07.2000) JP  
特願2000-322926 2000 年 10 月 23 日 (23.10.2000) JP  
特願2001-12648 2001 年 1 月 22 日 (22.01.2001) JP  
特願2001-21113 2001 年 1 月 30 日 (30.01.2001) JP

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 半導体装置およびその製法



(57) Abstract: A semiconductor device of COC type in which a bump electrode (21) of a second semiconductor chip (2) is joined to a first semiconductor chip (1) having bump electrodes (11) on the surface. These bump electrodes (11), (21) of the first and second semiconductor chips (1), (2) are each made of such a first metal as Au of a relatively high melting point. The joints of the bump electrodes (11), (21) are formed of an alloy layer (3) of the first metal and a second metal. The second metal contains of a material which melts at a temperature lower than the melting point of the first metal to alloy with the first metal. As a result, when a plurality of semiconductor chips of a COC-type semiconductor device are connected, the electrode terminals of the semiconductor chips can be connected with no degradation of semiconductor chip characteristics due to high temperature by heat application.

[続葉有]

WO 02/07219 A1



添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

表面にバンプ電極(11)が形成された第1の半導体チップ(1)上に、第2の半導体チップ(2)のバンプ電極(21)が接合されるCOCタイプで形成されている。この第1および第2の半導体チップ(1)、(2)のバンプ電極(11)、(21)は、それぞれAuのような融点が比較的高い第1の金属からなり、そのバンプ電極(11)、(21)の接合部はその第1の金属と第2の金属との合金層(3)により形成され、第2の金属は、第1の金属の溶融温度より低い温度で溶融して第1の金属と合金化し得る材料からなっている。その結果、COCタイプの半導体装置において、複数の半導体チップ同士を接続する際に、高温の印加により半導体チップの特性を劣化させることなく、半導体チップの電極端子同士を接続することができる。

## 明 細 書

### 半導体装置およびその製法

#### 5 技術分野

本発明は、複数の半導体チップを対面させて電氣的に接続する、いわゆるチップオンチップ (chip on chip、以下COCという) タイプの半導体装置およびその製法に関する。さらに詳しくは、対面させた両半導体チップを接続する際に、半導体チップに高い温度を印加したり、超音波による機械的衝撃を与えたりすることにより、半導体チップにダメージを与える、ということなく接合することができる構造の半導体装置およびその製法に関する。

#### 背景技術

15 従来、たとえばメモリ素子とその駆動回路の組合せなどのように、回路の組合せにより半導体装置が構成される場合、立体化による占有面積の縮小化、回路の一部の汎用化 (たとえばメモリ素子部を汎用化して駆動回路部分を用途に応じて変更する) などの目的のため、半導体回路を複数個のチップにより製造し、一方の半導体チップ上に他の半導体チップを接続する構造である、いわゆるCOCタイプの半導体装置が用いられることがある。

このような構造の半導体装置は、たとえば図17に、2個の半導体チップ1、2の接合工程を説明する図が示されるように、加熱された基板ステージ51上に一方の半導体チップ1を固定し、もう一方の半導体チップ2をマウントヘッド52に固定して、マウントヘッド52を押し付けて両チップのAuなどからなるバンプ電極11、21を接触させ、加

重すると共に、450℃程度に加熱し、バンプ電極11、21を接続することにより製造されている。なお、バンプ電極11、21の材料は、半導体装置を実装基板などに実装するのに、一般的にはハンダ付けによりなされるので、前述のようにAuなどのハンダより高融点の金属材料  
5 が用いられる。

前述のようなCOCタイプの半導体装置では、複数の半導体チップを予め接続するのに、バンプ電極にAuなどの高融点金属材料が用いられているため、450℃程度の高温で加圧して行わないと、良好な電氣的接続が得られない。バンプ電極の接着時にこのような高温にすると、半  
10 導体基板も450℃以上になるため、半導体基板に形成されている回路素子（トランジスタなどの半導体装置を構成する素子）が高温になり、素子特性が変動するという問題がある。さらに、このような圧力を加えることなどにより、450℃程度で接合することができるが、一度接合してしまつと、Auの融点は高いため、両者を分離しようとするとき破壊し  
15 てしまい、殆ど分離することはできない。

本発明はこのような状況に鑑みてなされたもので、COCタイプの半導体装置において、半導体装置の実装温度では影響を受けず、高温の印加により半導体チップの特性を劣化させることなく、半導体チップの電極端子同士を接続することができる構造の半導体装置およびその製法を  
20 提供することを目的とする。

本発明の他の目的は、バンプ電極が小さくても、相手方半導体チップとしっかり接合することができる構造の半導体装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、接続の一方が配線である場合に、接続を  
25 確実にできる構造の半導体装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、親チップと子チップとの接続を確実に

いながら、子チップを取り外す際には、半導体チップ内の素子に影響を与えることなく、簡単に分離し得る半導体装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、親チップと子チップとを接合した場合に、接合部のバンプ電極などに力が集中して、その接合部下の半導体層に  
5 形成される素子などに悪影響を与えないような構造の半導体チップを提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、低温で接合し得ると共に、正確な位置合せをしなくても、簡単に接合することができる半導体装置の製法を提供することにある。

10

#### 発明の開示

本発明による半導体装置は、第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンプ電極が第1の金属からなり、該バンプ電極を介した第1および第2の半導体チップの接合部は該  
15 第1の金属と第2の金属との合金層により形成され、前記第2の金属は、前記第1の金属の溶融温度より低い温度で溶融して前記第1の金属と合金化し得る材料からなっている。

ここに第1の金属または第2の金属とは、それぞれが単独の金属のみ  
20 ならず、合金や、2種以上の複合体金属の場合も含み、2種以上の金属の積層体からなる場合は外層側の主たる金属を意味する。また、第1の金属と第2の金属との合金層とは、層全体が合金になる場合の他、層の一部が合金で、一部は第1または第2金属のみや他の化合物を有する場合も含む意味である。さらに、バンプ電極を介して接合される構造には  
25 、両方の半導体チップの電極端子それぞれにバンプ電極が設けられ、バンプ電極同士で接合される構造や、一方の半導体チップの電極端子にバ

ンプ電極が設けられ、他方の半導体チップの電極端子と直接接合される構造を含む。

この構造にすることにより、第2の金属は融点が低く、比較的低い温度で溶融し、バンプ電極として用いられる第1の金属を合金化して溶融し、第1および第2の半導体チップの電極端子同士を比較的低温で接合し、電氣的接続をすることができる。その結果、バンプ電極を接続するための加熱温度は、第2の金属を溶融する程度の低い温度でよいため、第2の金属に、たとえばSnなどを選ぶことにより、回路素子に影響を及ぼすような温度にする必要はなく、高温による回路素子への悪影響は生じない。しかもバンプ電極の大部分を構成する第1の金属は融点が高く、実装時のハンダ付け温度などでは全然支障を来すこともない。

本発明による半導体装置の他の形態は、第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合される場合に、前記バンプ電極が第1の金属からなり、該バンプ電極の接合部が該第1の金属より融点の低い第3の金属層を介して接合されている。すなわち、バンプ電極や電極端子と直接合金を形成するようにしなくても、たとえば前述の第1および第2の金属により形成される合金などの融点の低い第3の金属層が設けられていることにより、その第3の金属層が低い温度で溶融し、バンプ電極や電極端子に拡散して接合する拡散接合により接合される。なお、第3の金属層も、前述の第1および第2の金属と同様に、単独の金属のみならず、合金などを含む意味であり、とくに接合後には第1の金属および第2の金属との化合、合金化により均一な組成とは限らない。この場合も、第3の金属層は融点が低く、温度上昇により溶融しやすいが、その層は非常に薄く、大部分は第1の金属により保持されているため、パッケージにより被覆された状態では剥離することはなく、逆に温度を上昇させて外力を加えれば、容易に剥

離することができる。

本発明による半導体装置のさらに他の形態は、第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合される場合に、前記バンプ電極を介した前記第1および第2の半導体  
5 チップの接合部が280～500℃で前記第1および第2の半導体チップを容易に分離し得る構造に形成されている。すなわち、バンプなど接合部は、たとえばAuなどの融点の高い金属で形成されながら、接合部はそれより低い、たとえば300℃以下で溶融するような金属で接合されることにより、融点の低い金属は非常に薄い層となり、通常の状態では300℃程度になっても剥れなどは生じないが、300℃程度で外力  
10 を加えれば容易に分離し得る構造になっている。

具体的には、前記第1および第2の半導体チップの両方におけるそれぞれの電極端子に前記バンプ電極が形成される構造や、前記第1および第2の半導体チップの一方における電極端子に前記バンプ電極が形成され、他方の半導体チップの電極端子上に前記第1の金属または第2の金属からなる金属膜が形成される構造において、該バンプ電極同士の接合部、または該バンプ電極と前記電極端子との接合部に前記合金層が形成  
15 される。また、前記バンプ電極の少なくとも1つが第1の金属からなり、該バンプ電極の上面および側面に設けられる第2の金属との合金層により、または第3の金属層を介して接合されることにより、バンプ電極が小さくても、接合部にフィレットが形成され、強力に接合することができる。  
20

前記第1および第2の半導体チップの接合部に、前記第1の金属と第2の金属との合金層または前記第3の金属層からなるフィレットが形成  
25 されるように接合されることにより、非常に接合が強固になる。ここにフィレットとは、接合部の隙間から側壁側にはみ出た部分を意味し、側

壁全体に富士山の裾野のように滑らかに形成されるものに限らず、接合部近傍のみに僅かにはみ出ているものも含む意味である。

さらに具体的には、前記第 1 の金属が Au からなり、前記第 2 の金属が Sn からなることにより、または第 3 の金属が Au-Sn 合金からなり、前記接合部が Au-Sn 合金を有することにより、回路素子が温度の影響を受けない、300℃程度の低い温度の加熱だけでバンプ電極を接続することができる。

本発明による半導体装置のさらに他の形態は、第 1 の半導体チップと、第 2 の半導体チップとが、それぞれの電極端子および配線が形成される側が向き合されて電氣的に接続されると共に接合される場合に、前記第 1 および第 2 の半導体チップの少なくとも一方は、半導体チップ表面に形成される配線の表面に低融点金属層からなる接合部を介して接合される構造にすることもできる。ここに低融点金属層には、前述の第 1 の金属と第 2 の金属との合金化により、少なくとも一部に合金が形成される接合部や、第 3 の金属が設けられることにより拡散接合された境界部を含む。

前記配線の表面が平坦化されるように、前記半導体チップ表面のパシベーション膜上に第 2 の絶縁層を介して前記配線が形成されることにより、接合する他方の半導体チップのバンプ電極が低かったり、バンプ電極がなく配線同士の接合でも接合部をしっかりと接触させて接合することができる。

前記第 1 の半導体チップと第 2 の半導体チップとの接合が、配線同士の接合で、接合部に前記低融点金属層が形成され、該接合部以外の前記第 1 の半導体チップと第 2 の半導体チップの配線の間隙部に、第 1 の絶縁層を介して接合される構造にすることにより、最表面に設けられる配線が他の部分と接触する虞れもなく、しかも配線同士をしっかりと接続



しながら固定することができる。

配線で接続する場合、配線が、電極端子に接続して設けられるバリアメタル層を介したAu配線であり、前記低融点金属層がAu-Sn合金の構造にしたり、前記配線が、電極端子と同時に形成されるCuからなり、該配線上にバリアメタル層およびAu層を介してAu-Sn合金からなる前記低融点金属層により接合される構造にしたり、前記配線が、電極端子と同時に形成されるAuからなり、該配線上でAu-Sn合金からなる前記低融点金属層により接合される構造にすることができる。

前記接合部を構成するAu-Sn合金が、Auを65wt（重量）%以上含有するAuリッチの合金を有するように形成されることにより、共晶合金になるため、しっかりと接続されながら、取り外す場合でも、融点の低い共晶合金となっているため、300℃程度に上昇させることにより容易に取り外すことができる。さらに、前記接合部のAu-Sn合金層が0.8μm以上5μm以下であれば、より一層接合強度が安定する。

また、前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合部の間隙部に、弾性率が前記バンプ電極とほぼ同じ弾性率を有する絶縁性樹脂が充填されていることにより、弾性率がバンプ電極とほぼ同じであるため、樹脂パッケージの収縮などにより両チップ間に圧縮力が働いても、半導体層にかかる圧力は、バンプ電極など電極端子部分に力が集中しないで、半導体チップ全面に力が分散されるため、面として支持することができ、素子の信頼性を向上させることができる。

また、前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合部の間隙部に、熱収縮率が4%以下の絶縁性樹脂が充填されていることにより、両半導体チップを300℃程度で接着した後に室温に戻っても、バンプ電極などの電極端子接続部より縮むことがなく、電極端子部に圧縮力が

集中することがなくなり、半導体チップ全面に力が分散されるため、面として支持することができ、素子の信頼性を向上させることができる。

前記第 1 の半導体チップおよび第 2 の半導体チップの少なくとも一方の前記接合部における半導体層に回路素子が形成されれば、集積度を向上させることができるため好ましい。すなわち、本発明によれば、低温で圧力を殆どかけることなく接合することができるため、電極パッドや配線の接合部の下にも回路素子を形成することができる。

本発明による半導体装置の製法は、第 1 の半導体チップまたは基板と、第 2 の半導体チップとを、それぞれの電極端子および配線が形成される側を向き合せて、前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属との間で接合する半導体装置の製法であって、前記接合部の少なくとも一方に、該接合部の金属より低融点の低融点金属層を設け、該低融点金属層を溶融させることにより、または前記接合部の金属と該低融点金属層とを合金化させることにより、前記第 1 の半導体チップまたは基板と第 2 の半導体チップを接合することを特徴とする。

本発明による半導体装置の製法における他の形態は、第 1 の半導体チップまたは基板と、第 2 の半導体チップとを、それぞれの電極端子および配線が形成される側を向き合せて、前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属との間で接合する半導体装置の製法であって、前記接合部の少なくとも一方に、該接合部の金属より低融点の低融点金属層を設け、該低融点金属層を液相化させ、該液相化させた低融点金属中に前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属を拡散させる液相拡散法により、前記第 1 の半導体チップまたは基板と第 2 の半導体チップを接合することを特徴とする。

また、前記接合部の金属が Au からなり、前記低融点金属層が Au-Sn 合金または Sn からなり、前記第 1 の半導体チップまたは基板と前

記第 2 の半導体チップとを接合部が向き合うように重ね、前記 Au-Sn 合金または Sn が溶融する温度まで上げることにより、セルフアラインで位置合せをして接合することができる。すなわち、Au-Sn 合金により接合することにより、280℃程度に温度を上げれば、完全に溶融状態になるため、圧力をかける必要がなく、完全な位置合せをして接合しなくても、接合部が溶融状態になると表面張力によりバンプなどの接合部の位置に引き寄せられて接合するため、自然に位置合せされる。

前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属表面に設けられる前記低融点金属層とを合金化し、ついで、他方の半導体チップまたは基板と接合することもできる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 (a) ~ 1 (c) は、本発明による半導体装置の一実施形態を示す断面、およびチップ同士を接続する際の側面の説明図である。

図 2 (a) ~ 2 (b) は、バンプ電極の側面まで Sn 被膜を形成したときの接合状態の説明図である。

図 3 は、図 1 に示される例の変形例を示す断面説明図である。

図 4 (a) ~ 4 (b) は、バンプ電極の一方に Sn 被膜を形成する場合の接続例を説明する図である。

図 5 は、Au バンプ電極表面に Sn 被膜を設けて接合した状態の Sn 濃度の分布を示す図である。

図 6 は、本発明による半導体装置の他の実施形態を示す断面説明図である。

図 7 は、本発明による半導体装置の他の実施形態を示す要部の断面説明図である。

図 8 は、本発明による半導体装置の他の実施形態を示す要部の断面説

明図である。

図 9 は、本発明による半導体装置の配線同士を接合する例の説明図である。

図 10 は、本発明による半導体装置の配線と接合する場合の配線を平坦化する例の説明図である。

図 11 は、本発明による半導体装置の半導体チップ間に絶縁性樹脂を充填する例の説明図である。

図 12 は、本発明による半導体装置の他の実施形態を示す要部の断面説明図である。

図 13 (a) ~ 13 (b) は、本発明により、セルフアライメントで接合する方法を説明する図である。

図 14 (a) ~ 14 (b) は、本発明による液相拡散接合法を説明する概念図である。

図 15 は、本発明による接合構造にフィレットを形成した場合と形成しない場合の接合強度を比較する図である。

図 16 は、本発明により、接合部下の半導体層の部分にも回路素子を形成する例の概念説明図である。

図 17 は、従来のチップ同士を接続する工程の一例を説明する図である。

20

発明を実施するための最良の形態

つぎに、図面を参照しながら本発明の半導体装置およびその製法について説明をする。本発明による半導体装置は、図 1 にその一実施形態である断面構造および 2 個の半導体チップを接合する前の状態図が示されるように、表面にバンプ電極 11 が形成された第 1 の半導体チップ 1 上に、第 2 の半導体チップ 2 のバンプ電極 21 が接合される C O C タイプ

25

で形成されている。この第1および第2の半導体チップ1、2のバンプ電極11、21は、それぞれAuのような融点が比較的高い第1の金属からなり、そのバンプ電極11、21の接合部はその第1の金属と第2の金属との合金層3により形成され、第2の金属は、第1の金属の溶融温度より低い温度で溶融して第1の金属と合金化し得る材料からなっている。

図1に示される例では、第1の半導体チップ1および第2の半導体チップ2共に、バンプ電極11、21がメッキなどにより10～30 $\mu$ m程度の厚さに形成され、第1の半導体チップ1のバンプ電極11表面には、さらに無電解メッキまたはスパッタリングなどによりSnが0.5～3 $\mu$ m程度の厚さに設けられている。バンプ電極11、21自身は、従来と同様に形成され、たとえば図1(c)にバンプ電極部分の拡大断面図が示されるように、Alなどからなる電極端子12、22上に、バリアメタル層14、24が2層または3層構造で形成され、バリアメタル層14、24の第1層にはTiまたはCrが、第2層にはW、Pt、Ag、Cu、Niなどが、第3層にはAuなどが用いられる。そして、その上にバンプ電極11、21が、Au、Cuなどにより形成される。なお、17、27は絶縁膜である。

Auからなるバンプ電極11上にSn被膜11aが設けられることにより、Auの融点は、1064℃程度（同一金属同士であるため、加圧しながら加熱することにより、450℃程度で融着する）であるのに対して、Snの融点は、232℃程度であり、230℃程度になると溶融し、Auと共晶を形成して合金化し、280℃程度でAu-Sn合金からなる合金層3がその接合面に形成されて、両者のバンプ電極11、21が溶着する。すなわち、半導体基板に形成される回路素子などに対しては支障のない低い温度で両バンプ電極11、21を融着させることが

できる。したがって、このバンプ電極 1 1 を構成する第 1 の金属と、その上に設けられる第 2 の金属の被膜 1 1 a との関係は、第 2 の金属の融点が、第 1 の金属の融点より低く、第 2 の金属が溶融することにより第 1 の金属を合金化して融着するものであればよく、Au と Sn とに限られるものではない。

第 1 の半導体チップ 1 は、たとえばメモリの駆動回路などが半導体基板に形成され、その表面には層間絶縁膜や配線膜などが設けられ、最終的にメモリ回路などの第 2 の半導体チップ 2 との接続用電極端子 1 2 と、外部リードとの接続用の電極端子 1 3 が Al などによりその表面に形成されている。この電極端子 1 2 上に前述のようにバリアメタル層 1 4 を介してバンプ電極 1 1 が形成されている。この回路素子（半導体素子）や半導体基板の表面に形成される配線、電極端子、絶縁膜などは、通常の半導体装置の製造工程と同様に形成される。なお、通常のシリコン基板でなくても、GaAs など化合物半導体基板に形成されてもよい。

第 2 の半導体チップ 2 は、たとえばメモリ素子がマトリクス状に形成されたもので、駆動回路と接続される部分や外部リードなどに接続される部分などが電極端子 2 2 として半導体基板の表面に形成され、その電極端子 2 2 の表面にも前述の第 1 の半導体チップ 1 と同様に、Au などによりバンプ電極 2 1 が形成されている。このバンプ電極 2 1 の表面には、Sn 被膜は形成されていないが、前述の第 1 の半導体チップ 1 と同様に、この表面に Sn 被膜が形成されていてもよい。また、第 1 の半導体チップ 1 には Sn 皮膜が形成されないで、第 2 の半導体チップ 2 のバンプ電極 2 1 のみに Sn 被膜が形成されてもよい。すなわち、Sn 被膜は、少なくともいずれか一方に設けられておればよい。

この第 2 の半導体チップ 2 は、このような IC でなくても、トランジスタ、ダイオード、キャパシタなどのディスクリート部品などで、半導

体基板に形成されないものでもかまわない。とくに、静電破壊防止用の複合半導体装置にする場合、ディスクリートの保護ダイオードなどを第2半導体チップとして搭載することが、大容量の保護素子を内蔵することができるため好ましい。

- 5      この第1の半導体チップ1と第2の半導体チップ2のバンプ電極11、21同士の接続は、たとえば第1の半導体チップ1を加熱し得る基板ステージ上に載置し、マウンターにより第2の半導体チップ2をそのバンプ同士が大まかに位置合せされるように重ね、第2の半導体チップの自重程度の重さを加えながら300℃程度に加熱することにより、Sn被膜11aが熔融し、バンプ電極11、21のAuと共晶を形成し、合金層3を形成する。この際、図13(a)に示されるように、第1の半導体チップ1と第2の半導体チップ2とが完全に位置合せされていなくても、300℃程度で合金層3が形成され、熔融状態にあると、図13(b)に示されるように、バンプなどの表面張力により、それぞれの中心部で接合するように移動する（セルフアライメント）。そして、加熱を解除することにより、合金層3が固化して接着する。
- 10
- 15

- このセルフアライメントは、半導体チップ同士の接合でなく、基板と半導体チップとの接合でも、Au-Sn合金層などの低融点金属を熔融状態にすることにより、同様に行うことができる。なお、接合時の加重は、前述の例では自重のみによったが、バンプなどの接合部の数が多い場合には、1個当りの加重が減るため、ある程度の重しをした方が良い場合もある。たとえば1個のバンプ当り2gの荷重を印加し、350℃程度の温度で行うことができる。
- 20

- 第1および第2の半導体チップ1、2の隙間には、後述するように、エポキシ樹脂またはエラストマーなどからなる絶縁性樹脂7が充填され、この接合された半導体チップ1、2は、通常の半導体装置の製造と同
- 25

様に、リードフレームからなるダイアイランド4上にボンディングされ、さらに各リード5と金線などのワイヤ6によりボンディングされ、モールド成形により形成される樹脂パッケージ8により周囲が被覆されている。そして、リードフレームから各リードが切断分離された後に、フォーミングされることにより、図1(a)に示されるような形状の半導体装置が得られる。

本発明の半導体装置によれば、第1の半導体チップと第2の半導体チップとの電極端子の接続が、バンプ電極もしくは電極端子上の金属膜を構成する第1の金属と、その表面に設けられる、第1の金属より融点の低い第2金属の被膜との合金化により接着しているため、Auなどの融点の高い金属材料によりバンプを形成しながら、300℃程度の低い温度で接合することができる。しかも、合金化により接合しているため、半導体装置を回路基板などにハンダ付けする場合などに260℃程度に温度が上昇しても、合金層が溶けて接着部が剥れることはない。しかも300℃程度の低温度で接着されるため、半導体基板に形成される半導体素子（回路素子）に機械的または熱的ストレスが加わることはなく、素子特性に変動を来すことは全然ない。そのため、非常に信頼性の高い半導体装置が得られる。

一方、第2の金属被膜が被着された部分は、第2の金属被膜が若干残存するか、合金化しても第1の金属の割合が小さく、300℃程度に温度を上昇させて外力を加えることにより、容易に剥離することができる。すなわち、ハンダリフローの温度では、溶融する部分があっても非常に薄い層であり、外力が加わらないため分離しないが、一方の半導体チップを取り替えたい場合などには、300℃程度に温度を上昇させて外力を加えることにより、容易に分離することができ、半導体チップを取り替えることができる。Au-Sn合金であれば、300℃程度で容易



に分離することができるが、分離する際は、その接合部のみに加熱することができるため、280～500℃程度で分離できるものであればよい。

本発明によるSnなどの低融点金属層を用いた接合法について、従来のAu-Au接合と対比してさらに詳細に説明をする。図14(b)に示されるように、従来のAuバンプとAuバンプとを超音波を用いて接合する方法は、Au(固相)とAu(固相)とが相互に相手方に拡散する固相拡散になる。そのため、その拡散は非常に遅く、温度を高くし、さらに超音波などにより衝撃を与えないと拡散が進まず接合しない。一方、本発明のようにSnのような低融点金属をAuの表面に被膜して温度を上げると、図14(a)に示されるように、Snが低温で熔融して液相のSnとなるため、Auが液相であるSnの中に拡散する液相拡散になる。そのため、Auが低温で相互に拡散し、超音波などを印加しなくても、低温で接合することができる。

この液相拡散の方法について、さらに詳細に説明をする。前述の図1(b)に示されるように、一方のバンプにSnなどの低融点金属を被膜して、第1の半導体チップと第2の半導体チップとをその接合部が接触するように重ね、接合荷重が2g/バンプ程度になるようにして、350℃程度にする。そうすると図14(a)に示されるように、Snが液相化してAuが液相のSnの中に拡散する。すなわち、液相拡散をするため、固相同士の拡散より非常に早く速やかに拡散する。そして、図14(a)の下側に示されるように、Sn-Au合金層が形成される。この状態で温度を下げることにより完全に接合される。

また、図1(b)に示される例では、第2の金属被膜11aがバンプ電極11の側面にも覆われるように示されている。このように、バンプ電極11の側面周囲全体まで覆うように形成されることにより、図2に

バンブ電極部分の接合の様子が示されているように、バンブ電極 1 1 が小さくても、合金化すると接合部 3 が形成される際に、小さいバンブ電極 1 1 の周囲から大きい方のバンブ電極 2 1 にフィレット 3 a が形成され、強力に接合することができる。後述する図 4 (a) に示される場合なども含めて、このようなフィレット 3 a が形成されるように接合すれば、非常に強力に接合することができる。なお、図 2 において、電極パッドなどは省略して図示すると共に、図 1 (b) と同じ部分には同じ符号を付してある。なお、ここでフィレット 3 a とは、Au-Sn 合金層などの低融点金属層が、接合部からバンブ電極などの側壁にはみ出す部分を意味し、必ずしも一方のバンブ電極の側壁全体に広がって裾野を形成していなくても、たとえば図 2 (b) に示されるように、バンブ 2 1 側壁の接合部側の一部が低融点金属層により濡れている程度でも接合強度が向上する。

図 2 (a) に示されるような、裾野の大きいフィレット 3 a が形成された場合、その接合強度は図 1 5 に示されるように、全然フィレットが形成されない場合に比べ、明らかに接合強度が向上した。なお、図 1 5 において、横軸はシェア強度 ( $\text{N/mm}^2$ )、縦軸は個数  $n$  (pcs) である。このフィレットの形成は、前述の Au-Sn 層に限られず、第 1 の金属と第 2 の金属の合金層または第 3 の低融点の合金層で形成されておればよい。

一方、両方のバンブ電極が十分に大きかったり、第 2 の半導体チップ 2 を取り外す可能性が高い場合などでは、バンブ電極 1 1 の側面には成膜される必要はなく、図 3 に示されるように、バンブ電極 1 1 の上面、すなわち接合面のみに成膜されておればよい。なお、図 3 においても、図 1 (b) と同じ部分に同じ符号を付してある。この場合、接合した 2 つの半導体チップを取り外す可能性がなく、しっかりと接続するために

は、バンプ電極に大小がある場合、図4 (a) に示されるように、大きい方のバンプ電極11にSn被膜11aを形成すれば、同図右側に示されるように、フィレット3aが形成され、接着強度を強くすることができるし、図4 (b) に示されるように、小さい方のバンプ電極21にSn被膜11aを形成すれば、接着強度を弱くして、取り外しをしやすい  
5 なる。

さらに、前述の各例に示されるように、Sn被膜11aは一方のバンプ電極11または21のみに形成されることが、接合面の合金層を形成しやすいため好ましい。すなわち、AuとSnとの接触部が合金化して  
10 接合するため、両方のバンプにSn被膜が設けられていると、Sn被膜とSn被膜との接触部が直ちには接合せず、バンプ電極表面のAu層とSn被膜との接触部から合金化し、Auが接合部に拡散して合金化することにより接合するため、Au層とSn被膜とが接触するように形成されることが好ましい。しかし、両方のバンプ電極に設けるSn被膜を非  
15 常に薄くすることにより、容易にAuが拡散するため、両方のバンプ電極に形成してもよい。

さらに、第1の金属をAuとし、第2の金属をSnとした場合、前述の合金層は、完全な共晶合金になると、Au80wt% (重量%、以下同じ)、Sn20wt%になるが、接合時に十分に温度を上げる訳ではないため、接合部は完全な共晶合金にはなりにくい。しかし、完全な共  
20 晶合金にならなくても、Auが65wt%以上であれば、強固な接合が得られると共に、分離する場合でも300℃程度に加熱することにより、接合部のみを分離することができる。また、合金層を形成しないで、Au層のみが存在することが、機械的強度が強く好ましい。

25 SnよりAuの拡散が10倍程度以上大きいため、接合後のバンプ電極11、21および接合部3におけるSn濃度の分布は、図5に示され

るように、S n被膜 1 1 a が設けられた接合部の中心部分で一番S n濃度が高く、バンプ電極 1 1、2 1の根本に行くにしたがって段々小さくなる。したがって、S n濃度の一番高い部分でもA u濃度が6 5 w t %以上になり、バンプ電極 1 1、2 1の根本側では、A u濃度が1 0 0 w t %になるように、S n被膜の厚さ、接合時の温度、時間を調整することが好ましい。なお、このA u濃度に関しては、完全な定常状態になっている訳ではないため、バンプ電極の表面積全面に亘って、たとえば6 5 w t %以上ということではなく、6 0 %以上の面積での濃度を意味する。このような接合部のA u濃度を6 5 w t %以上で、A u層が1 0 0 w t %の部分が残るように接合するには、たとえば接合時の温度、時間、S n層の量により調整することができる。

さらに好ましくは、A u-S n共晶層（接合部 3）が0.8  $\mu$ m以上5  $\mu$ m以下であることが好ましい。このようにするには、S n被膜の厚さを0.1～4  $\mu$ m程度にすることにより得られる。この際、完全なA u層を残すためには、A u層（バンプ電極）の厚さを厚く形成することにより得られる。

図 1 に示される例は、第 1 および第 2 の半導体チップ 1、2 の両方の電極端子にバンプ電極 1 1、2 1 が形成されていたが、バンプ電極はその接続部にあれば一方だけでもよく、バンプ電極と電極端子とで接合されてもよい。この場合の例が、その接続部だけの拡大断面説明図で図 6 に示されている。すなわち、第 1 の半導体チップ 1 における接続用電極端子 1 2 の上には、バンプ電極が形成されないで、バリアメタル層 1 4 を介して、たとえばA uなどからなる0.2～0.5  $\mu$ m程度の厚さの金属膜（A u膜） 1 5 が設けられ、その上に第 2 の金属の被膜（S n被膜） 1 6 が前述と同様の厚さに設けられている。そして、第 2 の半導体チップ 2 には、前述と同様にA uからなるバンプ電極 2 1 が形成されてお

り、そのバンプ電極 2 1 と電極端子 1 2 上の A u 膜 1 5 とが S n 被膜 1 6 により合金化されて融着する構造になっている。この S n 被膜 1 6 は、第 2 の半導体チップ 2 のバンプ電極 2 1 側に設けられてもよいし、両方に設けられてもよいこと、その接続方法などは前述の例と同様である  
5 。

前述の各例では、第 1 および第 2 の半導体チップの電極端子同士を接合する例であったが、本発明によれば、第 1 の金属表面に、その第 1 の金属と低い温度で合金化し得る第 2 の金属被膜を形成し、温度を上昇させることにより、合金化して接合することができるため、表面に露出する配線上に直接接合することができる。すなわち、図 7 に示されるように、A l などからなる電極端子 1 2 と接続して T i / W 積層構造からなるバリアメタル層 1 4 を介して A u からなる配線 1 8 が形成されている場合に、その A u 配線 1 8 上の接合部に S n 被膜 1 1 a を形成し、第 2 の半導体チップ 2 のバンプ電極 2 1 を接触させて圧接し、300℃程度  
10 に温度を上昇させることにより接合することができる。なお、バリアメタル層 1 4 は、A l 電極端子 1 2 の酸化を防止し、低抵抗で A u 配線 1 8 と接続するためである。図 7 において、図 6 と同じ部分には同じ符号を付して、その説明を省略する。

この配線上で接合する場合、図 7 に示されるように A u 配線 1 8 で形成されないで、A l 配線や C u 配線が形成される場合がある。このような場合でも、その配線の接合部に A l 配線の場合には、図 7 と同様のバリアメタル層、A u 層、S n 被膜を設けることにより容易に接合することができる。また、C u 配線の場合、図 8 に示されるように、C u 配線 3 1 上に、T i / W または N i からなるバリアメタル層 3 2 を接合部のみにメッキなどにより設け、さらにその上に A u 層 3 3、S n 被膜 3 4  
20 を設け、前述と同様に A u からなるバンプ電極 2 1 を有する第 2 の半導

体チップ 2 を接合することができる。なお、この場合のバリアメタル層 3 2 は、A u 層 3 3 と C u 配線 3 1 との接合を改良するために設けられている。

前述の各例では、第 2 の半導体チップ 2 側は常にバンプ電極 2 1 が形成された例であったが、第 2 の半導体チップ 2 側も配線のままで接続することもできる。この場合も、配線の材料により積層構造が異なるが、必要なバリアメタル層などを介して、表面に A u 膜と、S n 被膜との接触部を設けることにより、前述と同様に両半導体チップ 1、2 を接合することができる。

すなわち、図 9 に示されるように、第 1 半導体チップ 1 の配線 1 8 a と第 2 半導体チップ 2 の配線 1 8 b（それぞれ半導体チップのパシベーション膜の最表面に形成されている）とがその一部の表面に S n 被膜が形成され、他の部分には、たとえばポリイミドや S i O<sub>2</sub>などの第 1 の絶縁層 3 6 が設けられることにより、S n 被膜の設けられた部分のみで接合部 3 7 が形成され、接続することができる。この構造では、配線の A u 層がバンプのように厚くなく、薄くなるため、接合後に S n が拡散しない A u 層のみの部分ができない可能性が大きい。が、わざわざバンプ電極を形成しなくてもよい。ため、工数低減を図れると共に、絶縁層 3 6 を介して接合されることにより、接合部のみに力がかかるという問題もなくなる。しかし、このような配線同士の接続の場合でも、絶縁層 3 6 を介さないで、前述のバンプ電極同士の接続と同様に、接続部のみで接合して、後述する絶縁性樹脂をその間隙部に充填する方法でもよい。

さらに、少なくとも一方が配線の場合の接続構造では、図 1 0 に示されるように、電極パッド 1 2 a 表面と絶縁膜（パシベーション膜）1 7 表面とで段差があり、そのまま配線を設けると、その上に設けられる配線も平坦にならないため、接合を行いにくいという問題がある。これを

解消するため、図10に示されるように、絶縁膜17上に、たとえばポリイミドなどからなる第2の絶縁層38を形成してから、配線18を形成することにより平坦な配線18となり、接合しやすくなるというメリットがある。

- 5 前述の図1に示されるように、第1半導体チップ1と第2半導体チップ2との間隙部には、絶縁性樹脂が充填されることが好ましい。すなわち、図11に示されるように、第1半導体チップ1と第2半導体チップ2とを接合した後に、その間隙部にポリイミドなどからなる絶縁性樹脂を滴下して硬化させることにより、アンダーフィル（絶縁性樹脂層）7
- 10 を形成する。このようなアンダーフィル7が形成されることにより、面全体で両チップが接触するため、バンプ電極の下側の半導体層に形成される素子に損傷を来すという問題がなくなる。すなわち、半導体チップ周囲がモールド樹脂によりパッケージングされる際に、半導体チップ間の隙間にはモールド樹脂が侵入し難い。そのため、隙間が生じていると
- 15 樹脂パッケージ8により両半導体チップが押し付けられ、バンプ電極部分のみでその圧力を吸収する必要があるため、前述のような問題が生じるが、アンダーフィル7が設けられることにより、そのような問題を引き起こすことがなくなる。

- この場合、ポリイミド（弾性率4.5 GPa）を用いることがAuの
- 20 弾性率と近いと好ましい。アンダーフィル7の弾性率がバンプ電極11、21と近いと、バンプ電極を融着してから温度が下がった場合でも、バンプ電極にかかる圧縮力と半導体チップの他の部分にかかる圧縮力とが均等になるため、力が分散してバンプ電極と共に面として第2半導体チップ2を支持することができ、バンプ電極部分のみに特別な力がかかる
- 25 ことがなくなる。

さらに、アンダーフィル7として使用する樹脂は、熱収縮率（熱膨張

率)が4%以下のものを使用することが好ましい。熱収縮率が大きいと、硬化時に300℃程度に上げた温度が室温に下がったときに、 bumps 電極であるAuの熱収縮率より大きくなり、 bumps 電極部分のみに圧縮力として働き、その下の半導体層へのダメージが大きくなるからである。  
5

前述の各例では、 bumps を介して接続する部分を融点の高い第1の金属と、融点の低い第2の金属とを接合させ両金属の合金化により低い温度で接合されていたが、たとえばAu-Sn合金のように、300℃程度で溶融する第3の金属をその接合面に設けておいて、その第3の金属を溶融させることにより、接合することもできる。その例が図6と同様に bumps 電極部のみの拡大説明図により図12に示されている。第3の金属としては、後述するAu-Sn合金などを用いることができる。  
10

図12において、図1と同じ部分には同じ符号を付してその説明を省略する。第1の半導体チップ1のバリアメタル層14上に設けられる bumps 電極11は、たとえばNiなどからなり、その上面の接合部には、Au-Sn共晶合金(たとえばAu:Sn=80:20)などからなる低融点の合金層が、第3の金属層19として、たとえば0.5~3μm程度の厚さに設けられている。このAu-Sn層19は、たとえばスパッタリング、または無電解メッキ法などにより成膜することにより、前述の厚さに設けられる。この bumps 電極11上にAu-Sn層19が設けられた第1の半導体チップ1と第2の半導体チップ2との接合は、前述の図1に示される例と同様に、たとえば第1の半導体チップ1を加熱し得る基板ステージ上に載置し、マウンターにより第2の半導体チップ2をその bumps 同士が一致するように位置合せをして、加圧しながら300℃程度に加熱することにより、Au-Sn合金層19が溶融し、 bumps 電極11、21のNi内に拡散して金属間化合物を形成する、いわ  
15  
20  
25



ゆる拡散接合される。なお、前述のようにAu-Snの場合、拡散係数は、Auの方がSnより10倍程度以上大きい。

この構造によれば、バンプ電極表面とAu-Sn合金層とは金属間結合をているため、半導体装置の実装時のハンダリフロー温度である260℃程度では強固に接合している。一方、Au-Sn合金層の中心部では、Au-Sn合金の状態であるため、300℃程度に近づくと溶融状態になるが、その層は薄いと共に、ハンダリフローの際にはパッケージで被覆された半導体装置であり、両半導体チップ間に外力が加わらないため、離れることはない。一方、300℃程度の高温で、外力を加えることにより、低融点の合金層は溶融状態になっているため、容易に剥離することができる。そのため、第2の半導体チップを取り替える場合などには、280～300℃近くに昇温し、外力を加えることにより、容易に分離することができ、半導体チップの取替を容易に行いやすいというメリットがある。なお、Au-Sn合金層の厚さを調整することにより、300℃程度では容易に剥離しないようにすることもできる。

また、前述のように、たとえばAuからなる金属表面にSn被膜を設け、予め温度を280℃程度にして合金化することにより、Auバンプ電極表面にAu-Sn合金層を設けたのと同様の構造になり、その表面に接合する他のバンプ電極などを接触させて温度を上げ液相拡散をすることもできる。

前述の例では、バンプ電極として、Niを用いたが、Alなどでも同様にAu-Sn合金が拡散して拡散接合を得ることができる。さらに、前述の各例に示される例の構造で、Sn被膜に代えてAu-Sn合金層を設けることもできる。この場合、AuとAu-Sn合金とが同じAu系であるため、Au-Sn合金が溶融すると、Au表面に濡れて接合する。すなわち、図12に示される例では、両方の半導体チップ1、2に

バンプ電極 1 1、2 1 が形成されていたが、前述の例と同様に、片方のみがバンプ電極で、他方は電極端子、配線でもよく、さらに両チップとも配線同士で接続する場合にも、その接合部の構造を A u - S n 合金により接合することができる。

- 5      本発明によれば、接合の際に超音波などによる荷重をそれ程かけず、しかも低い温度で接合することができる。そのため、半導体層にダメージが殆どかからず、図 1 6 に示されるように、接合部（バンプ電極や配線などの形成部）の下にも回路素子 3 1、3 2 を形成することができる。その結果、非常に半導体チップを有効に利用することができ、高集積
- 10   化を達成することができる。なお、図 1 6 では回路素子 3 1、3 2 が直接電極端子と接触しているような図になっているが、一般的には絶縁膜により分離されたり、回路素子の一部が接続されたりする。図 1 6 において、図 1 と同じ部分には同じ符号を付してその説明を省略する。なお、接合部の下の半導体層に回路素子を形成するのは、両方の半導体チッ
- 15   プに設けられなくてもよく、また、全ての接合部に設けられる必要はない。

- 前述の各例では、1 個の半導体チップに 1 個の半導体チップをボンディングするだけの構造の半導体装置であったが、2 個以上の複数個の半導体チップを 1 個の半導体チップ上にボンディングする場合でも同様で
- 20   ある。また、一方が基板で、他方が半導体チップの場合でも同様に低温で簡単に接合することができる。

- 以上説明したように、本発明によれば、C O C タイプの半導体装置における、チップ同士の接合の際に、高温にする必要がないため、半導体基板に形成される回路素子に影響を及ぼす虞れはなく、回路素子の信頼
- 25   性を非常に向上させることができる。

さらに、3 0 0 °C 以下で分離しやすい金属層を介して接合されている

ため、一方の半導体チップを取り替える場合に、温度を上げすぎて半導体チップにダメージを与えることなく、非常に簡単に取替を行うことができる。

また、半導体チップのパシベーション膜（絶縁膜）最表面に設けられる配線に接続する場合に、その配線とパシベーション膜との間に絶縁層を介在させて配線を平坦化させることにより、接続が容易で、かつ、確実に行うことができる。この場合、接合する半導体チップ間の対向する配線の間にも絶縁層を介在させることにより、より安定した接合を得ることができる。

さらに、接合する半導体チップの間隙に弾性率がバンプ電極と同程度の絶縁性材料を充填することにより、または収縮率が4%以下の絶縁性樹脂を充填することにより、接合する電極端子部分の半導体層に力が局部的に印加されることなく、面全体に分散されるため、半導体チップの信頼性を向上させることができる。

15

#### 産業上の利用分野

本発明によれば、たとえばメモリ素子とその駆動回路との組み合わせのように、半導体回路を複数個のチップにより製造する複合半導体装置の信頼性を向上させることができ、小形で、高機能化する半導体装置に利

20 用することができる。

### 請求の範囲

1 第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンプ電極が第1の金属からなり、該バンプ電極を介した第1および第2の半導体チップの接合部は該第1の金属と第2の金属との合金層により形成され、前記第2の金属は、前記第1の金属の熔融温度より低い温度で熔融して前記第1の金属と合金化し得る材料からなる半導体装置。

2 第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンプ電極が第1の金属からなり、該バンプ電極の接合部が該第1の金属より融点の低い第3の金属層を介して接合されてなる半導体装置。

3 第1の半導体チップの電極端子と、第2の半導体チップの電極端子とがバンプ電極を介して接合されることにより形成される半導体装置であって、前記バンプ電極を介した前記第1および第2の半導体チップの接合部が280～500℃で前記第1および第2の半導体チップを容易に分離し得る材料からなる半導体装置。

4 前記第1および第2の半導体チップの両方におけるそれぞれの電極端子に前記バンプ電極が形成され、該バンプ電極同士が接合されてなる請求項1、2または3記載の半導体装置。

5 前記第1および第2の半導体チップの一方における電極端子に前記バンプ電極が形成され、他方の半導体チップの電極端子上に前記第1の金属からなる金属膜が形成され、該バンプ電極と前記電極端子とが接合されてなる請求項1、2または3記載の半導体装置。

6 前記バンプ電極の少なくとも1つが第1の金属からなり、該バン

ブ電極の上面および側面に設けられる第2の金属との合金層により、または第3の金属層を介して接合されてなる請求項1ないし5のいずれか1項記載の半導体装置。

7 前記第1および第2の半導体チップの接合部に、前記第1の金属  
5 と第2の金属との合金層または前記第3の金属層からなるフィレットが形成されてなる請求項1～6のいずれか1項記載の半導体装置。

8 前記第1の金属がAuからなり、前記第2の金属がSnからなり、前記接合部がAu-Sn合金を有する請求項1、4、5、6または7記載の半導体装置。

10 9 前記第3の金属がAu-Sn合金からなる請求項2、4、5、6または7記載の半導体装置。

10 第1の半導体チップと、第2の半導体チップとが、それぞれの電極端子および配線が形成される側が向き合されて電氣的に接続されると共に接合される半導体装置であって、前記第1および第2の半導体チ  
15 ップの少なくとも一方は、半導体チップ表面に形成される配線の表面に低融点金属層からなる接合部を介して接合されてなる半導体装置。

11 前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合が、配線同士の接合で、接合部に前記低融点金属層が形成され、該接合部以外の前記第1の半導体チップと第2の半導体チップの配線の間隙部に、第  
20 1の絶縁層を介して接合されてなる請求項10記載の半導体装置。

12 前記配線の表面が平坦化されるように、前記半導体チップ表面のパシベーション膜上に第2の絶縁層を介して前記配線が形成されてなる請求項10または11記載の半導体装置。

13 前記配線が、電極端子に接続して設けられるバリアメタル層を  
25 介したAu配線であり、前記低融点金属層がAu-Sn合金からなる請求項10ないし12のいずれか1項記載の半導体装置。

1 4 前記配線が、電極端子と同時に形成されるCuからなり、該配線上にバリアメタル層およびAu層を介してAu-Sn合金からなる前記低融点金属層により接合されてなる請求項10ないし12のいずれか1項記載の半導体装置。

- 5      1 5 前記配線が、電極端子と同時に形成されるAuからなり、該配線上でAu-Sn合金からなる前記低融点金属層により接合されてなる請求項10ないし13のいずれか1項記載の半導体装置。

- 1 6 前記接合部を構成するAu-Sn合金が、Auを65wt%以上含有するAuリッチの合金を有する請求項7、8、12、13、14  
10 または15記載の半導体装置。

1 7 前記接合部のAu-Sn合金層が0.8μm以上5μm以下である請求項7、8、12、13、14、15または16記載の半導体装置。

- 1 8 前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合部の間隙部に、弾性率が前記バンプ電極とほぼ同じ弾性率を有する絶縁性樹脂  
15 が充填されてなる請求項1ないし10のいずれか1項記載の半導体装置。

1 9 前記第1の半導体チップと第2の半導体チップとの接合部の間隙部に、熱収縮率が5%以下の絶縁性樹脂が充填されてなる請求項1ないし10のいずれか1項または18記載の半導体装置。

- 2 0 前記第1の半導体チップおよび第2の半導体チップの少なくとも一方の前記接合部における半導体層に回路素子が形成されてなる請求項1ないし19のいずれか1項記載の半導体装置。

- 2 1 第1の半導体チップまたは基板と、第2の半導体チップとを、それぞれの電極端子および配線が形成される側を向き合せて、前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属との間で接合する半導体装置の製法であって、前記接合部の少なくとも一方に、該接合部の金属より低融点の低融点金属層を設け、該低融点金属層を溶融させることによ
- 25

り、または前記接合部の金属と該低融点金属層とを合金化させることにより、前記第 1 の半導体チップまたは基板と第 2 の半導体チップを接合することを特徴とする半導体装置の製法。

2 2 第 1 の半導体チップまたは基板と、第 2 の半導体チップとを、  
5 それぞれの電極端子および配線が形成される側を向き合せて、前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属との間で接合する半導体装置の製法であって、前記接合部の少なくとも一方に、該接合部の金属より低融点の低融点金属層を設け、該低融点金属層を液相化させ、該液相化させた低融点金属中に前記電極端子表面に設けられる金属または配線  
10 の金属を拡散させる液相拡散法により、前記第 1 の半導体チップまたは基板と第 2 の半導体チップを接合することを特徴とする半導体装置の製法。

2 3 前記接合部の金属が A u からなり、前記低融点金属層が A u - S n 合金または S n からなり、前記第 1 の半導体チップまたは基板と前  
15 記第 2 の半導体チップとを接合部が向き合うように重ね、前記 A u - S n 合金または S n が溶融する温度まで上げることにより、セルフアラインで位置合せをして接合する請求項 2 0 記載の半導体装置の製法。

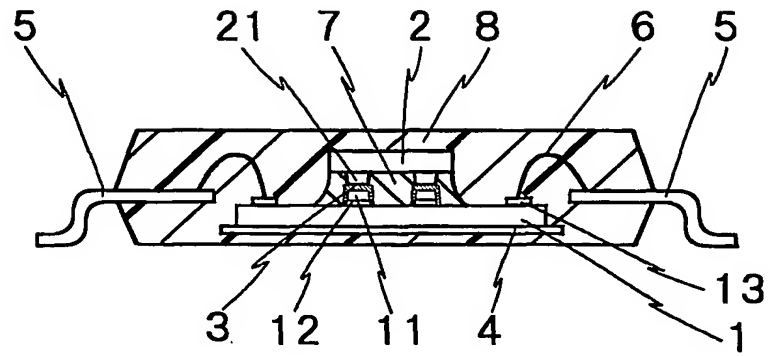
2 4 前記電極端子表面に設けられる金属または配線の金属表面に設けられる前記低融点金属層とを合金化し、ついで、他方の半導体チップ  
20 または基板と接合する請求項 2 1、2 2 または 2 3 記載の半導体装置の製法。

**THIS PAGE BLANK (USPT**

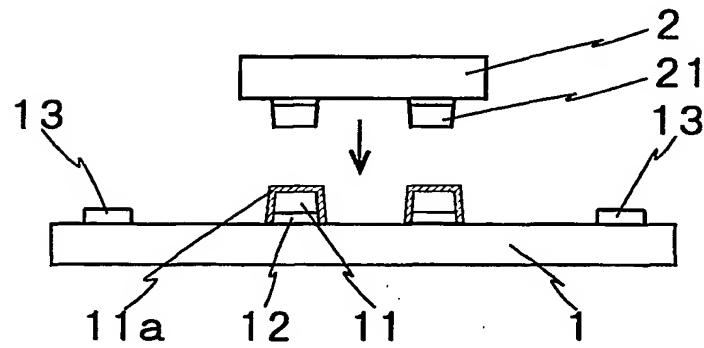


図 1

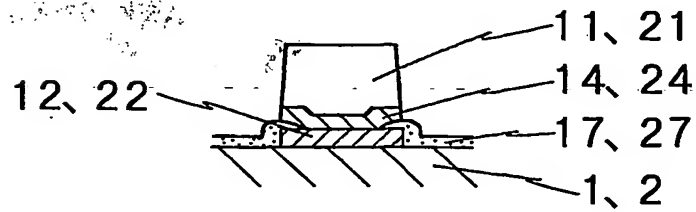
(a)



(b)



(c)



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 2

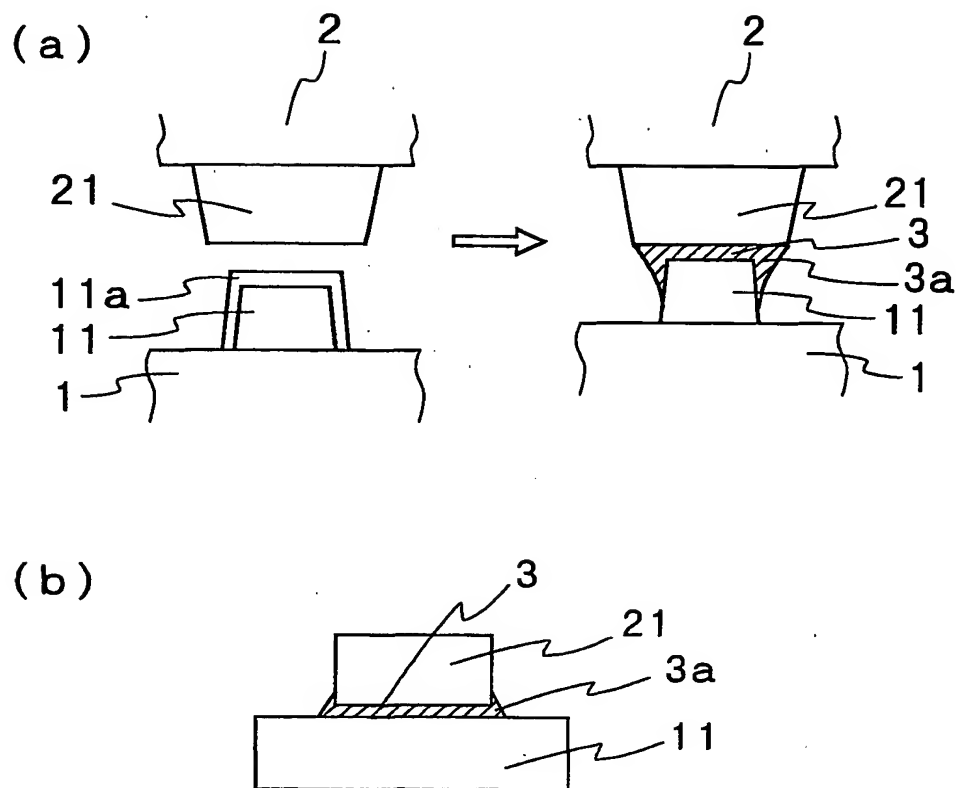
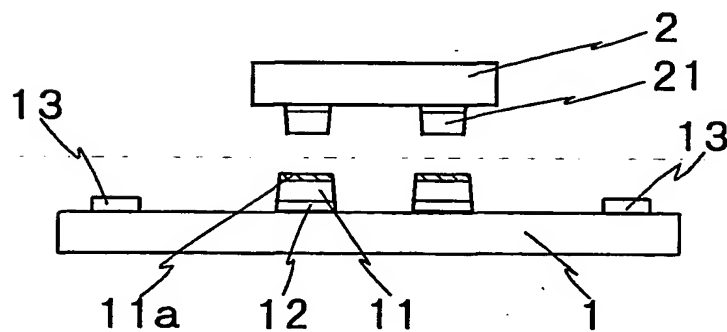


図 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 4

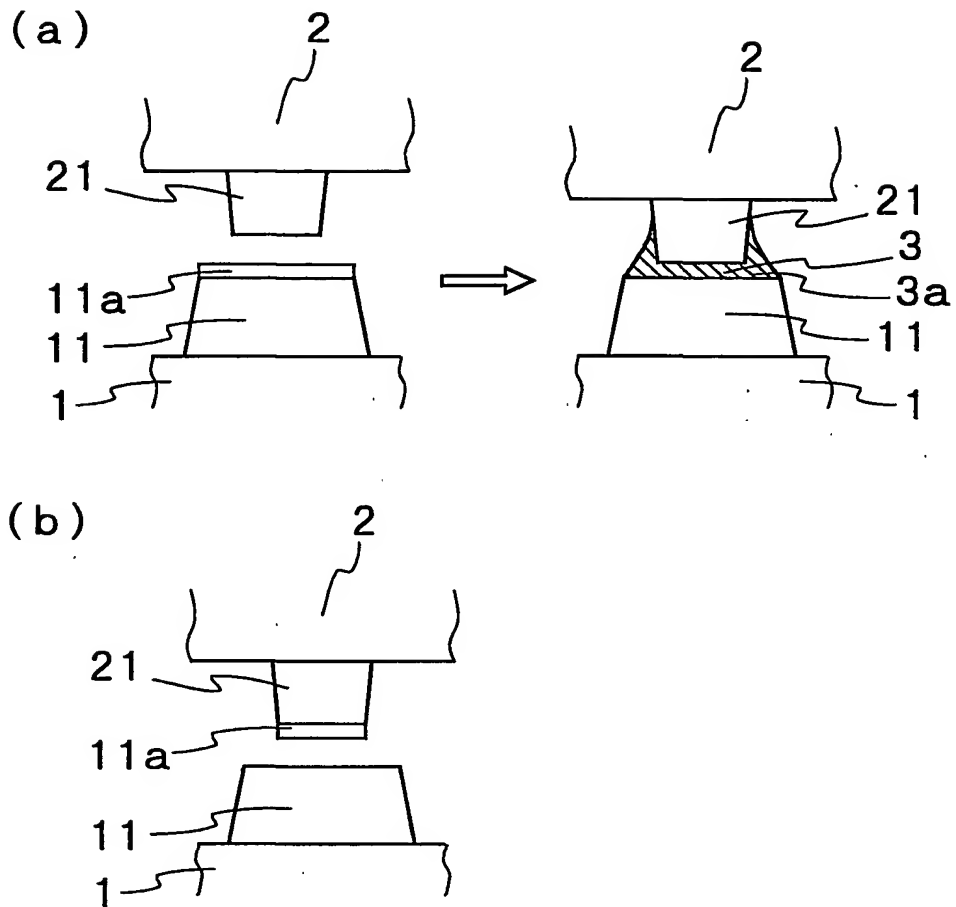
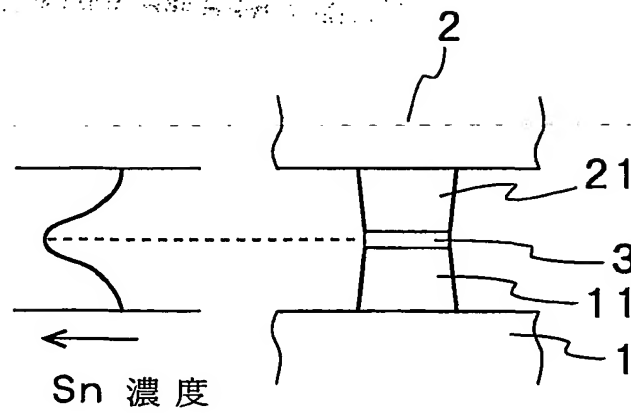


図 5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

4 / 9

図 6

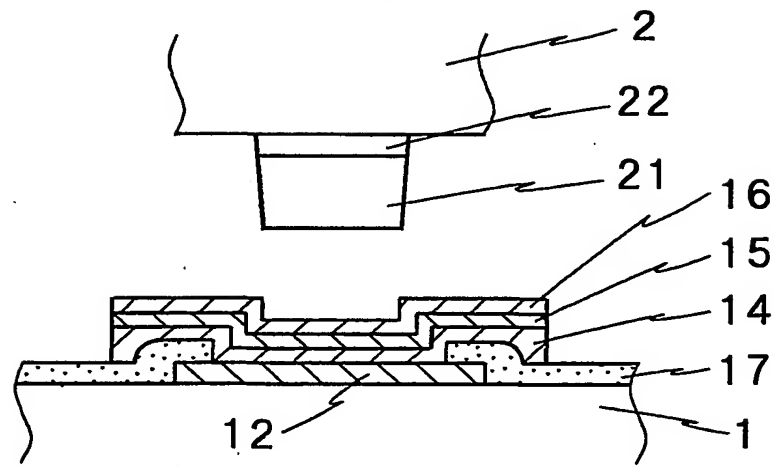


図 7

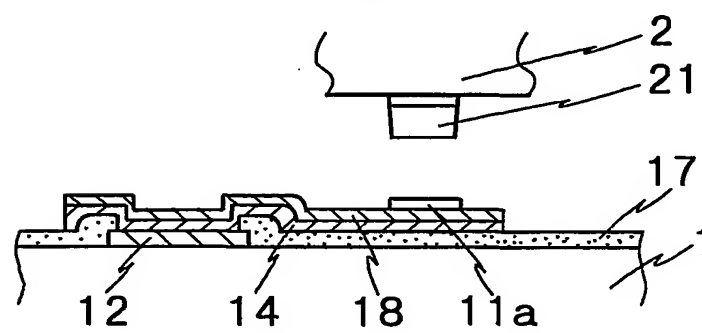
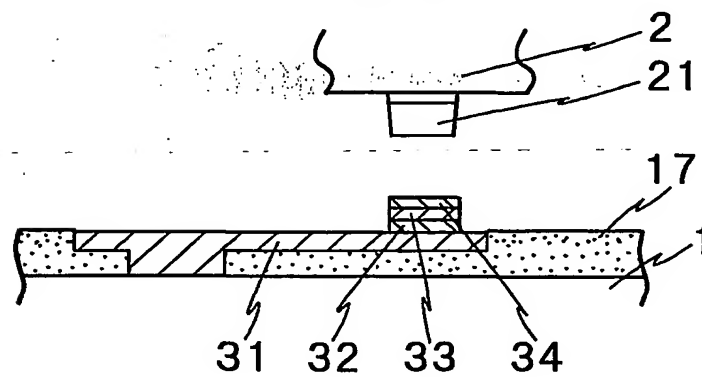


図 8



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



図 9

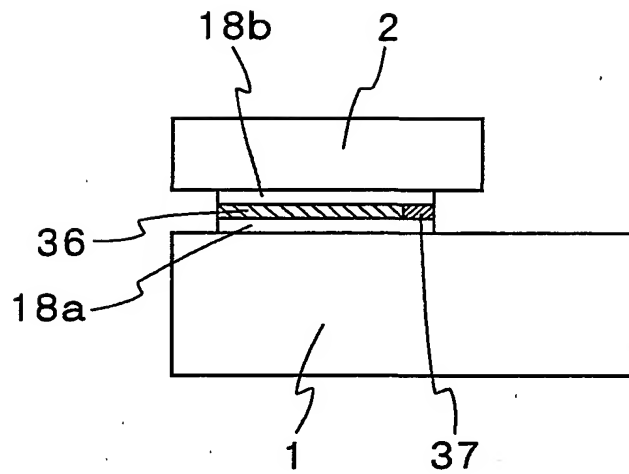


図 10

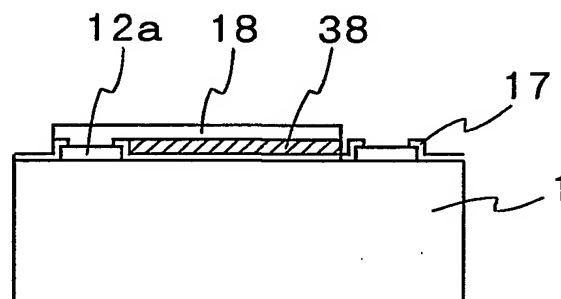
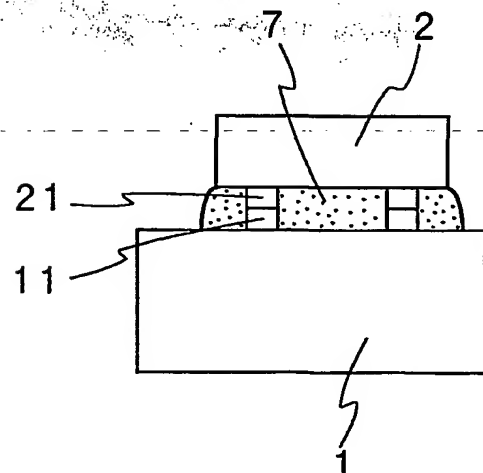


図 11



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

図 12

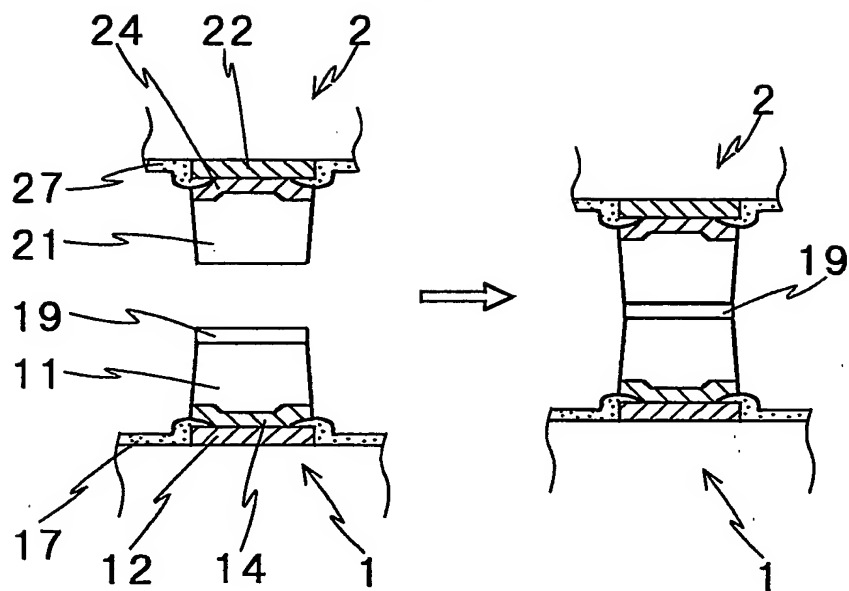
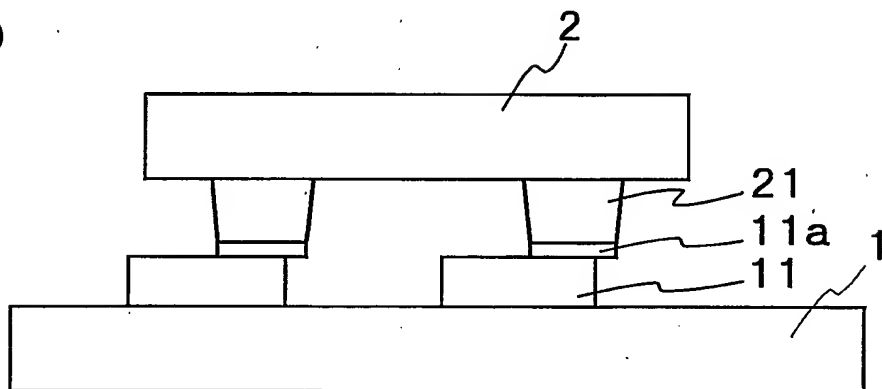
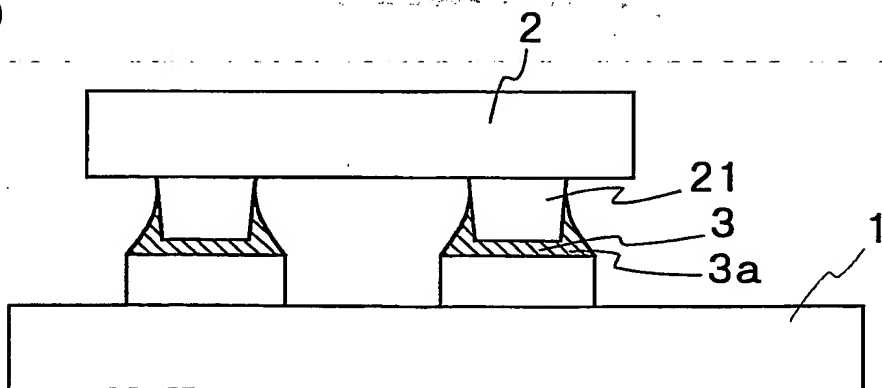


図 13

(a)



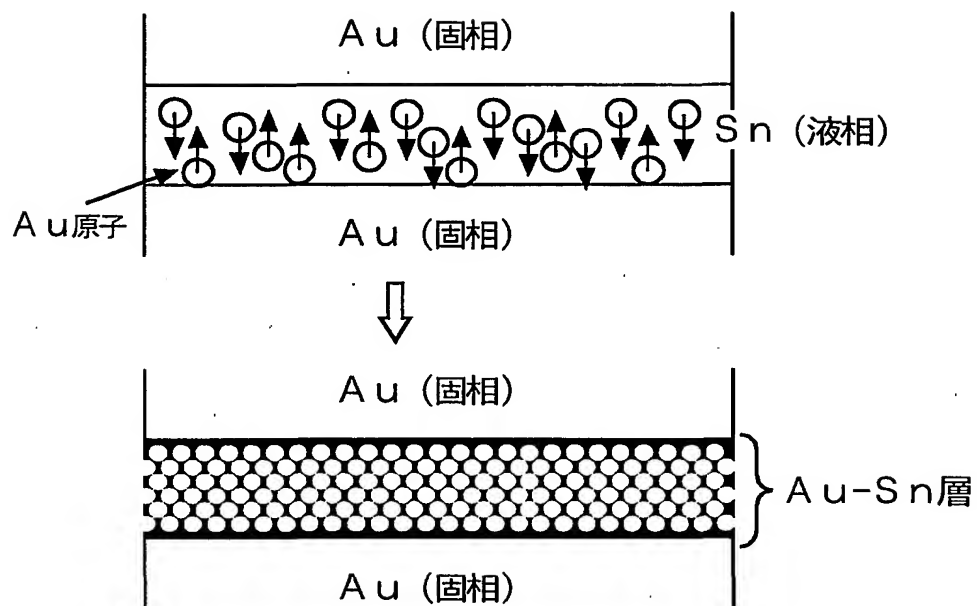
(b)



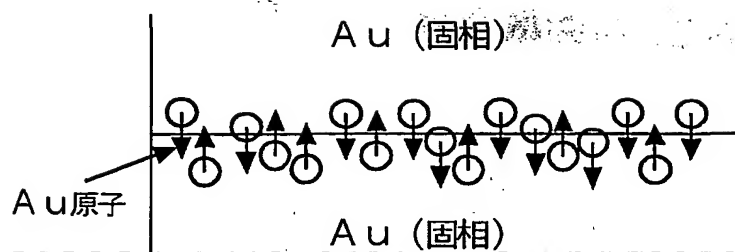
THIS PAGE BLANK (USPT

图 14

## (a) 液相扩散



## (b) 固相扩散



**THIS PAGE BLANK (USP 10)**

8/9

図 15

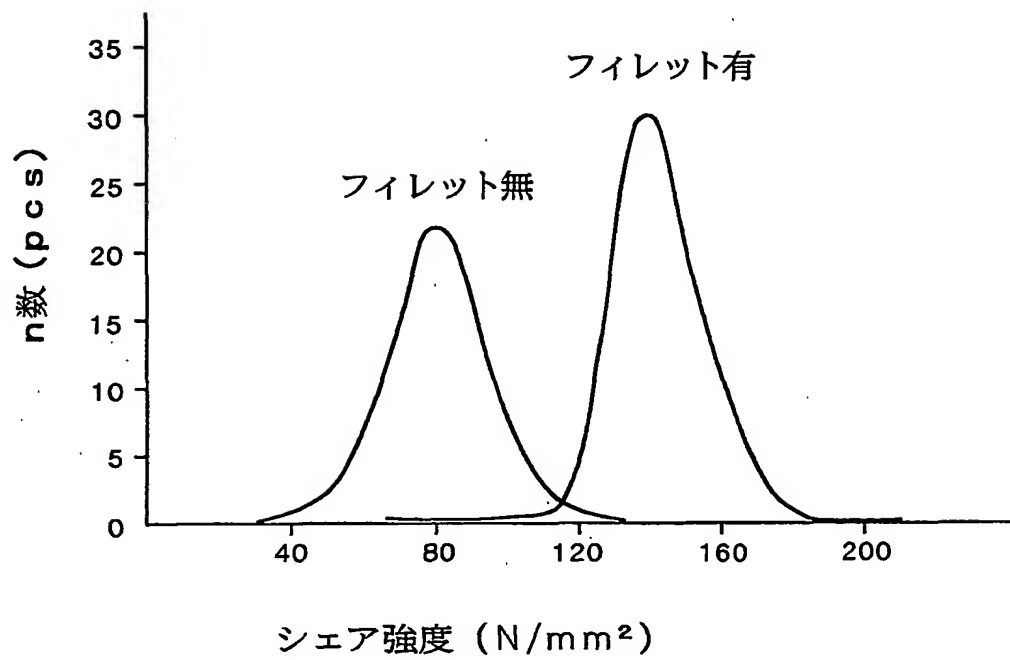
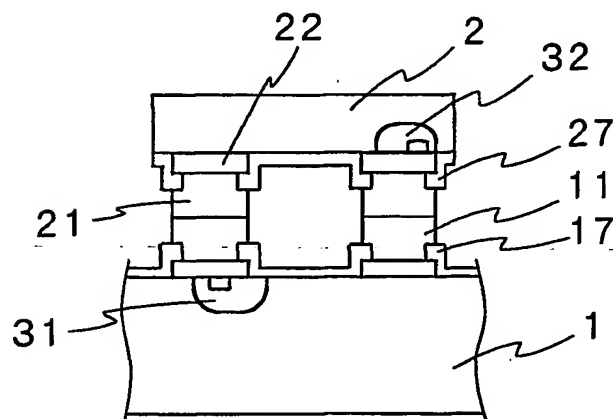


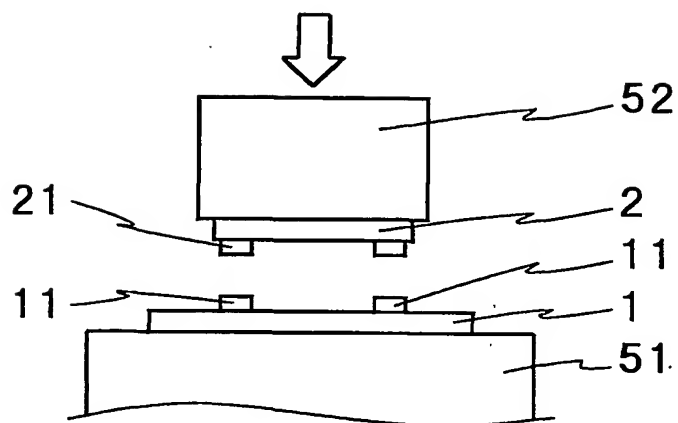
図 16



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



図 17



**THIS PAGE BLANK (US)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L25/065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L25/04-25/075

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-2001	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 3-276750 A (NEC Corporation), 06 December, 1991 (06.12.91), page 2, lower left column, line 2 to page 3, upper right column, line 17 (Family: none)	1, 10, 21 2-9, 11-20, 22-24
X Y	US 5611481 A (Fujitsu Limited), 18 March, 1997 (18.03.97), column 3, line 33 to column 6, line 62 & JP 8-31835 A	21 1-20, 22-24
X Y	EP 0766310 A2 (International Business Machines Corporation), 02 April, 1997 (02.04.97), column 1, lines 7 to 29; column 4, line 18 to column 7, line 10 & JP 9-97791 A	21 1-20, 22-24
Y	JP 10-321671 A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 04 December, 1998 (04.12.98), Full text; Fig. 15 (Family: none)	7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 August, 2001 (28.08.01)Date of mailing of the international search report  
11 September, 2001 (11.09.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L25/065

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L25/04-25/075

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-2001年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u> Y	JP 3-276750 A (日本電気株式会社) 6. 12月. 1991 (06. 12. 91) 第2頁左下欄第2行-第3頁右上欄第17行 (ファミリーなし)	<u>1, 10, 21</u> 2-9, 11-20, 22-24
<u>X</u> Y	US 5611481 A (Fujitsu Limited) 18. 3月. 1997 (18. 03. 97) 第3欄第33行-第6欄第62行 & JP 8-31835 A	<u>21</u> 1-20, 22-24

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28. 08. 01

国際調査報告の発送日

11.09.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

北島 健次

4E

8225

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u> Y	EP 0766310 A2 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 2. 4月. 1997 (02. 04. 97) 第1欄第7行-第29行, 第4欄第18行-第7欄第10行 & JP 9-97791 A	<u>21</u> 1-20, 22-24
Y	JP 10-321671 A. (松下電器産業株式会社) 4. 12月. 1998 (04. 12. 98) 全文, 図15 (ファミリーなし)	7